

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 2001 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

03877530 **Image available**
OPTICAL DEVICE HAVING VISUAL AXIS DETECTING DEVICE

PUB. NO.: 04-242630 [J P 4242630 A]
PUBLISHED: August 31, 1992 (19920831)
INVENTOR(s): NAGANO AKIHIKO
 KONISHI KAZUKI
 SUDA YASUO
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
 (Japan)
APPL. NO.: 03-011492 [JP 9111492]
FILED: January 08, 1991 (19910108)
INTL CLASS: [5] A61B-003/14; A61B-003/113
JAPIO CLASS: 28.2 (SANITATION -- Medical)
JAPIO KEYWORD: R116 (ELECTRONIC MATERIALS -- Light Emitting Diodes, LED);
 R131 (INFORMATION PROCESSING -- Microcomputers &
 Microprocessors)
JOURNAL: Section: C, Section No. 1015, Vol. 17, No. 11, Pg. 141,
 January 08, 1993 (19930108)

ABSTRACT

PURPOSE: To automatically correct the erroneous detection of visual axis to permit the visual axis detection with high accuracy by correcting errors in the detection of the visual axis obtained from a visual axis detecting device by means of a visual axis correcting means.

CONSTITUTION: When a photographer peeps into a view finder after making a power supply of a camera and setting the camera to a visual axis input mode, at least a switch of eyepiece switches 34a, 34b and 34c embedded in an eyepiece cap is closed and an infrared luminescent diode 5 for visual axis detection is lit on the basis of a signal from a visual axis calculation process device 9 to start the illumination of the eye of the photographer. Then, if the photographer's visual axis correcting data are not registered on the visual axis calculation process device 9, the correction of the visual axis is started. At the same time as the start of the visual axis correction a timer incorporated in the visual axis calculation process device 9 is operated, and an index for correcting the visual axis in a display region is lit on the basis of a signal from a camera controller.

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 3/14 3/113		F 7807-4C 7807-4C	A 6 1 B 3/10	B

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 15 頁)

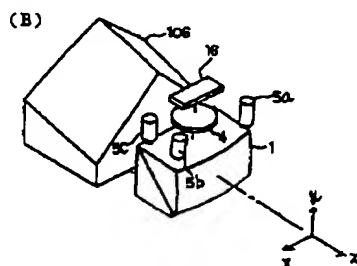
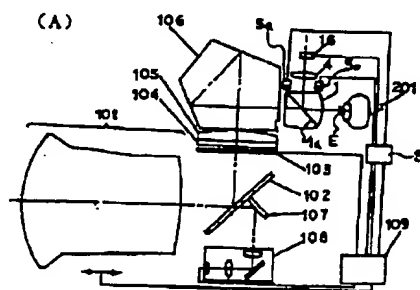
(21) 出願番号	特願平3-11492	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成3年(1991)1月8日	(72) 発明者	長野 明彦 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	小西 一樹 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	須田 康男 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 視線検出装置を有した光学装置

(57) 【要約】

【目的】 眼球の大きさ等の個人差による視線の検出誤差を適切に設定した視線補正手段を用いて自動的に補正し、視線検出の検出精度を高めた視線検出装置を有した光学装置を得ること。

【構成】 ファインダー系の光軸と該ファインダー系を覗く観察者の眼球光軸とをなす回転角 θ を検出し、該回転角 θ から観察者の視線を算出する視線検出装置を有した光学装置において、該視線検出装置で得られた視線の検出誤差を視線補正手段で補正するようにしたこと。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ファインダー系の光軸と該ファインダー系を覗く観察者の眼球光軸とのなす回転角を検出し、該回転角から観察者の視線を算出する視線検出装置を有した光学装置において、該視線検出装置で得られた視線の検出誤差を視線補正手段で補正するようにしたことを特徴とする視線検出装置を有した光学装置。

【請求項2】 前記視線補正手段は視線補正実行スイッチ、ファインダー内表示手段、視線補正演算手段、そして視線補正データ記憶手段とを有していることを特徴とする請求項1の視線検出装置を有した光学装置。

【請求項3】 前記視線補正手段は視線補正確認手段を有していることを特徴とする請求項2の視線検出装置を有した光学装置。

【請求項4】 前記ファインダー内表示手段はファインダー内の少なくとも2カ所に視線検出用の指標を有していることを特徴とする請求項2の視線検出装置を有した光学装置。

【請求項5】 前記ファインダー内表示手段で用いるマークはファインダー内に設けた前記光学装置用の自動焦点検出装置の合焦表示マークを兼用しており、自動焦点検出時と視線補正実行時とで該マークの表示方法を異ならしめていることを特徴とする請求項4の視線検出装置を有した光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は視線検出装置を有した光学装置に関し、特に撮影系による被写体像が形成されている観察面（ピント面）上のファインダー系を介して観察者（撮影者）が観察している注視点方向の軸いわゆる視線（視線）を、観察者の眼球面上を照明したときに得られる眼球の反射像を利用して検出するようにした視線検出装置を有した光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より観察者が観察面上のどの位置を観察しているかを検出する、いわゆる視線（視線）を検出する装置（例えばアイカメラ）が種々提案されている。

$$\beta * L_{OC} * \sin \theta \approx \frac{Za' + Zb'}{2} - Zd' \quad \dots\dots (2)$$

とかきかえられる。但し、 β は角膜反射像の発生位置dと受光レンズ4との距離L1と受光レンズ4と光電素子列6との距離L0で決まる倍率である。

【0009】 ところで観察者の眼球の光軸と視線とは一致しない、特開平1-274736号公報には観察者の眼球の光軸と視線の角度補正を行なって視線を検出することが開示されている。そこでは観察者の眼球の光軸の水平方向の回転角 θ を算出し、眼球の光軸と視線との角度補正値を δ としたとき観察者の水平方向の視線 θH を

【0003】 例えば特開昭61-172552号公報においては、光源からの平行光線を観察者の眼球の前眼部へ投射し、角膜からの反射光による角膜反射像と瞳孔の結像位置を利用して視線を求めている。図18(A)、

(B)は視線検出方法の原理説明図で、同図(A)は視線検出光学系の要部概略図、同図(B)は同図(A)の光電素子列6からの出力信号の強度の説明図である。

【0004】 同図において5は観察者に対して不感の赤外光を放射する発光ダイオード等の光源であり、投光レンズ3の焦点面に配置している。

【0005】 光源5より発光した赤外光は投光レンズ3により平行光となりハーフミラー2で反射し、眼球201の角膜21を照明する。このとき角膜21の表面で反射した赤外光の一部による角膜反射像（虚像）dはハーフミラー2を透過し受光レンズ4により集光し光電素子列6上の位置Zd'に再結像する。

【0006】 また虹彩23の端部a、bからの光束はハーフミラー2、受光レンズ4を介して光電素子列6上の位置Za'、Zb'に該端部a、bの像を結像する。受光レンズ4の光軸（光軸A）に対する眼球の光軸Iとのなす角である回転角 θ が小さい場合、虹彩23の端部a、bのZ座標をZa、Zbとすると、瞳孔24の中心位置cの座標Zcは

$$Zc \approx (Za + Zb) / 2$$

と表わされる。

【0007】 また、角膜反射像dのZ座標と角膜21の曲率中心OのZ座標とは一致するため角膜反射像の発生位置dのZ座標をZd、角膜21の曲率中心Oから瞳孔24の中心Cまでの距離をLocとすると眼球光軸Iと光軸Aとのなす角である回転角 θ は、

$$Loc * \sin \theta \approx Zc - Zd \quad \dots\dots (1)$$

の関係式を略満足する。

【0008】 このため演算手段9において、同図(B)のごとく光電素子列6面上に投影された各特異点（角膜反射像d及び虹彩の端部a、b）の位置を検出することにより眼球201の光軸Iの回転角 θ を求めることができる。この時(1)式は、

$$\theta H = \theta \pm \delta \quad \dots\dots (3)$$

として求めている。ここで符号 \pm は、観察者に関して右への回転角を正とすると、観察装置をのぞく観察者の目が左目の場合は+、右目の場合は-の符号が選択される。

【0010】 又、図18(A)においては観察者の眼球がZ-X平面（例えば水平面）内で回転する例を示しているが、観察者の眼球がX-Y平面（例えば垂直面）内で回転する場合においても同様に検出可能である。

【0011】 ただし、観察者の視線の垂直方向の成分は

3

眼球の光軸の垂直方向の成分 θ° と一致するため垂直方向の視線 θV は

$$\theta V = \theta^{\circ} \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる。

【0012】図19は図18の視線検出装置を一眼レフカメラのファインダー系の一部に適用したときの光学系の要部概略図である。

【0013】図19において撮影レンズ101を透過した被写体光は、跳ね上げミラー102により反射しビント板104の焦点面近傍に結像する。さらにビント板104にて拡散した被写体光はコンデンサーレンズ105、ペンタダハプリズム106、そして光分割面1aを有する接眼レンズ1を介して撮影者のアイポイント201aに入射している。

【0014】視線検出光学系は、撮影者（観察者）に対して不感の赤外発光ダイオード等の光源5と投光レンズ3とからなる照明手段（光軸 θ ）と、光電素子列6、ハーフミラー2及び受光レンズ4とからなる受光手段（光軸 θ ）とから構成し、ダイクロイックミラーより成る光分割面1aを有する接眼レンズ1の上方に配置している。赤外発光ダイオード5から発した赤外光は光分割面1aにおいて反射し、撮影者の眼球201を照明する。さらに眼球201で反射した赤外光の一部は光分割面1aで再反射し、受光レンズ4、ハーフミラー2を介して光電素子列6上に集光する。光電素子列6上で得られた眼球の像情報（例えば図18（B）で示す出力信号）より演算手段9において撮影者の視線の方向を算出している。即ち観察者が観察しているビント面104上の点（注視点）を求めている。

【0015】このときの前述した水平方向の視線 θH と垂直方向の視線 θV より撮影者が見ているビント面104上の位置（Zn, Yn）は

$$\left. \begin{aligned} Z_n &\approx m \cdot \theta H \\ Y_n &\approx m \cdot \theta V \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

として求めている。但しmはカメラのファインダー系で決まる定数である。

【0016】このように一眼レフカメラにおいて撮影者がビント面104上のどの位置を観察しているかを知ることができると、例えばカメラの自動焦点検出装置において焦点検出可能なポイントを画面中心のみならず画面内の複数箇所に出た場合、撮影者がそのうちの1つのポイントを選択して自動焦点検出を行なおうとする場合、その1つを選択入力する手間を省き撮影者が観察しているポイント即ち注視点を焦点検出するポイントとみなし、該ポイントを自動的に選択して自動焦点検出を行うのに有効である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】一般にカメラは老若男

4

女を問わず多くの人が使用し、それを使用する撮影者の眼球の大きさはそれぞれ異なっている。前述した視線検出方法において眼球の回転角 θ の算出式（2）は眼球の大きさに関係するパラメータ L_{oc} （角膜21の曲率中心Oから瞳孔24の中心Cまでの距離）を含んでいる。この為カメラを使用する人の眼球の大きさ、即ちパラメータ L_{oc} が予め設定した距離 L_{oc} に対応する値から大きくずれていると算出される眼球の回転角 θ と実際の眼球の回転角との間に誤差が生じ、視線検出精度が低下してくるという問題点があった。

【0018】更に（3）式の眼球の光軸と視線との間の補正角度 δ も撮影者の眼球の大きさ等の特性によって異なってくる。このため補正角度 δ を一定の値に設定してしまうと撮影者によっては算出される視線の方向 θH と実際の視線の方向との間に誤差が生じて視線検出精度が低下してくるという問題点があった。

【0019】一般に市販されている視線測定用のアイカメラにおいては使用者による個人差等の補正を行っている。しかしながら該使用者の眼球光軸と該使用者が見ていると思われる風景を撮像するカメラの光軸とは一致していないため、該使用者が注視する指標はアイカメラから遠ざけなければならず該指標をアイカメラと一体にすることができないという欠点があった。

【0020】更にカメラによって撮影されテレビモニターに映し出された指標の位置と前記使用者が指標を注視している際に検出される視線の位置とが一致するようにアイカメラの調整を行うのには実験補助者が必要であり、調整が面倒であるという欠点があった。

【0021】本発明は眼球の大きさ等の個人差による視線の検出誤差を適切に設定した視線補正手段を用いることにより自動的に補正し、高精度の視線検出を行うことのできる視線検出装置を有した光学装置の提供を目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明の視線検出装置を有した光学装置は、ファインダー系の光軸と該ファインダー系を覗く観察者の眼球光軸とのなす回転角を検出し、該回転角から観察者の視線を算出する視線検出装置を有した光学装置において、該視線検出装置で得られた視線の検出誤差を視線補正手段で補正するようにしたこととを特徴としている。

【0023】この他本発明では、前記視線補正手段は視線補正実行スイッチ、ファインダー内表示手段、視線補正演算手段、そして視線補正データ記憶手段とを有していること、又前記視線補正手段は視線補正確認手段を有していること、又前記ファインダー内表示手段はファインダー内の少なくとも2カ所に視線検出用の指標を有していること等を特徴としている。

【0024】

【実施例】図1（A）は本発明を一眼レフカメラに適用

したときの実施例1の光学系の要部概略図、同図(B)は同図(A)の一部分の説明図である。図2は図1(A)の自動焦点検出装置の一部分の要部概略図、図3(A)は本発明における視線検出方法の原理説明図、図3(B)は図3(A)のイメージセンサーからの出力強度の説明図、図4は一眼レフカメラの前方外観図である。

【0025】図中、1は接眼レンズで、その内部には可視光透過・赤外光反射のダイクロイックミラー1aが斜設しており、光路分割器を兼ねている。4は受光レンズ、5(5a, 5b, 5c)は照明手段であり、例えば観察者に対し不感の赤外光を放射する発光ダイオードから成っている。16はイメージセンサーである。受光レンズ4とイメージセンサー16は受光手段の一要素を構成している。

【0026】イメージセンサー16は光電素子列を2次元的に配置した構成より成り、受光レンズ4及び接眼レンズ1に関して所定の位置(眼鏡を使用しない撮影者の一般的なアイポイントの位置)にある眼の瞳孔近傍と共役になるように配置している。

【0027】9は視線演算処理装置で、視線補正演算、視線補正データ記憶、視線演算機能の他に赤外発光ダイオード5a, 5b, 5cの制御機能を有している。各要素1, 4, 5, 16より眼球の視線検出手段を構成している。

【0028】101は撮影レンズ、102はクイックリターン(QR)ミラー、104はピント板、103は表示素子、104はピント板、105はコンデンサーレンズ、106はペンタダハプリズム、107はサブミラー、108は多点焦点検出装置であり、撮影画面内の複数の領域を選択して焦点検出を行っている。

【0029】多点焦点検出装置の説明は本発明理解のために必要ないため概略に止める。即ち本実施例では図2に描く様に撮影レンズ101の予定結像面近傍に配され、夫々測距域を決める複数のスリットを有する視野マスク110と各スリット内の像に対してフィールドレンズの作用を果たすレンズ部材111を近接配置し、更にスリット数に応じた再結像レンズの組112と光電素子列の組113を順置する。スリット110、フィールドレンズ111、再結像レンズの組112、そして光電素子列の組113はそれぞれ周知の焦点検出系を構成している。109はカメラ制御装置であり、ファインダー内表示素子駆動、焦点検出演算及びレンズ駆動機能等を有している。

【0030】本実施例では撮影レンズ101の透過した被写体光の一部はQRミラー102によって反射してピント板104近傍に被写体像を結像する。ピント板104の拡散面で拡散した被写体光はコンデンサーレンズ105、ペンタダハプリズム106、接眼レンズ1を介してアイポイントEに導光している。

【0031】ここで表示素子103は例えば偏光板を用

いない2層タイプのゲストーホスト型液晶素子で、視線補正用のファインダー内表示手段を兼ね、図5に示すようにファインダー視野内の視線補正手段の一要素である指標(領域51と領域52)を兼ねた測距域(焦点検出位置)を表示するものである。

【0032】又、撮影レンズ101を透過した被写体光の一部はQRミラー102を透過し、サブミラー107で反射してカメラ本体底部に配置された前述の多点焦点検出装置108に導光している。さらにカメラ制御装置109からの信号に基づいて多点焦点検出装置108で選択した被写体面上の位置の焦点検出情報に基づいて撮影レンズ駆動装置(不図示)により撮影レンズ101の繰り出し(もしくは繰り込み)が行なわれ、焦点調節が行なわれる。

【0033】本実施例に係る視線検出装置としては符号1, 4, 5, 16で表わされた部材より構成された視線検出手段と視線を算出する視線演算処理装置9とから構成されている。

【0034】該視線検出手段において、赤外発光ダイオード5a, 5b, 5cから放射される赤外光は、図中上方から接眼レンズ1に入射しダイクロイックミラー1aにより反射されアイポイントE近傍に位置する観察者の眼球201を照明す。また眼球201で反射した赤外光は、ダイクロイックミラー1aで反射され受光レンズ4によって収斂しながらイメージセンサー16上に像を形成する。又視線演算処理装置9はマイクロコンピュータのソフトで実行される。

【0035】視線演算処理装置9において検知された注視点情報は、カメラ制御装置109を介してまず表示素子103と多点焦点検出装置108に伝送される。表示素子103においては観察者が注視した場所をカメラのファインダー内に表示し、注視点(焦点検出点)の確認を行う役割を果たす。

【0036】又、多点焦点検出装置108においては、観察者が注視した点の焦点検出が行なわれ注視被写体に対して焦点調節が行なわれる。

【0037】図1(B)に示すように視線検出手段の照明用の赤外発光ダイオード5a, 5b, 5cはカメラと観察者の眼球との距離を検出するために2個一組で使用され、カメラの姿勢に応じて赤外発光ダイオード5a, 5bで横位置、赤外発光ダイオード5b, 5cで縦位置の検出を行っている。尚、同図においてカメラの姿勢検知手段は図示されていないが水銀スイッチ等を利用した姿勢検知手段が有効である。

【0038】次に図3(A), (B)を用いて視線検出方法について説明する。各赤外発光ダイオード5a, 5b, 5cは光軸Aに対してZ方向に略対称に配置され、各々撮影者の眼球を発散照明している。

【0039】赤外発光ダイオード5bより放射された赤外光は眼球の角膜21を照明する。このとき角膜21の

表面で反射した赤外光の一部による角膜反射像dは受光レンズ4により集光されイメージセンサー16上の位置d'に再結像する。

【0040】同様に赤外発光ダイオード5aより放射された赤外光は眼球の角膜21を照明する。このとき角膜21の表面で反射した赤外光の一部による角膜反射像eは受光レンズ4により集光されイメージセンサー16上の位置e'に再結像する。

【0041】又、虹彩23の端部a、bからの光束は受光レンズ4を介してイメージセンサー16上の位置a'、b'に該端部a、bの像を結像する。受光レンズ4*

$$(A1 * L_{oc}) * \sin \theta \approx Zc - (Zd + Ze) / 2 \quad \dots\dots (6)$$

の関係式を略満足する。このため視線演算処理装置9において図3(B)のごとくイメージセンサー16上の一部に投影された各特徴点(角膜反射像d、e及び虹彩の※

$$\beta (A1 * L_{oc}) * \sin \theta \approx (Za' + Zb') / 2 - (Zd' + Ze') / 2 \quad \dots\dots (7)$$

と置きかえられる。但し、 β は受光レンズ4に対する眼球の位置により決まる倍率で、実質的には角膜反射像の★20

$$\theta \approx \text{ARCSIN} \{ (Zc' - Zf') / \beta / (A1 * L_{oc}) \} \quad \dots\dots (8)$$

と置きかえられる。但し

$$Zc' \approx (Za' + Zb') / 2$$

$$Zf' \approx (Zd' + Ze') / 2$$

である。ところで撮影者の眼球の光軸と視線とは一致しない為、撮影者の眼球の光軸の水平方向の回転角 θ が算出されると眼球の光軸と視線との角度補正 δ をすることにより撮影者の水平方向の視線 θH は求められる。眼球の光軸と視線との補正角度 δ に対する個人差を考慮する係数をB1とすると撮影者の水平方向の視線 θH は

$$\theta H = \theta \pm (B1 * \delta) \quad \dots\dots (9)$$

と求められる。ここで符号 \pm は、撮影者に関して右への★

$$Zn \approx m * \theta H$$

$$m \approx [\text{ARCSIN} \{ (Zc' - Zf') / \beta / (A1 * L_{oc}) \}]$$

$$\pm (B1 * \delta)]$$

$$\dots\dots (10)$$

$$Yn \approx m * \theta V$$

と求められる。ただし、mはカメラのファインダー光学系で決まる定数である。

【0044】ここで撮影者の眼球の個人差を補正する係数A1、B1の値は撮影者にカメラのファインダー内の所定の位置に配設された指標を固視してもらい、該指標の位置と(10)式に従い算出された固視点の位置とを一致させることにより求められる。

【0045】本実施例における撮影者の視線及び注視点を求める演算は、前記各式に基づき視線演算処理装置9のマイクロコンピュータのソフトで実行している。次に図4と視線補正のフローチャートを示す図6、図7を用いて本実施例における視線補正方法を説明する。

【0046】図4において31はモード選択ボタン、3

*の光軸(光軸ア)に対する眼球の光軸イの回転角 θ が小さい場合、虹彩23の端部a、bのZ座標をZa、Zbとすると、瞳孔24の中心位置cの座標Zcは

$$Zc \approx (Za + Zb) / 2$$

と表わされる。

【0042】又、角膜反射像d及びeの中点のZ座標と角膜21の曲率中心OのZ座標Zoとは一致するため、角膜反射像の発生位置d、eのZ座標をZd、Ze、角膜21の曲率中心Oから瞳孔24の中心Cまでの標準的な距離をLccとし、距離Lccに対する個人差を考慮する係数をA1とすると眼球光軸イの回転角 θ は

※端部a、b)の位置を検出することにより眼球の光軸イの回転角 θ を求めることができる。このとき(6)式は、

$$\beta (A1 * L_{oc}) * \sin \theta \approx (Za' + Zb') / 2 - (Zd' + Ze') / 2 \quad \dots\dots (7)$$

★間隔 $|Zd' - Ze'|$ の間数として求められる。眼球の回転角 θ は

$$\theta \approx \text{ARCSIN} \{ (Zc' - Zf') / \beta / (A1 * L_{oc}) \} \quad \dots\dots (8)$$

☆回転角を正とすると、観察装置をのぞく撮影者の目が左目の場合は+、右目の場合は-の符号が選択される。

【0043】又、同図においては撮影者の眼球がZ-X平面(例えば水平面)内で回転する例を示しているが、撮影者の眼球がX-Y平面(例えば垂直面)内で回転する場合においても同様に検出可能である。ただし、撮影者の視線の垂直方向の成分は眼球の光軸の垂直方向の成分 θ' と一致するため垂直方向の視線 θV は

$$\theta V = \theta'$$

となる。更に視線データ θH 、 θV より撮影者が見ているピント板上の位置(Zn、Yn)は

2は電子ダイヤルで視線補正実行スイッチを兼ねており、各部材を操作することにより、視線の補正が実行される。33はリリーススイッチである。

【0047】カメラの電源(不図示)を投入後(#200)、撮影者がモード選択ボタン31を押しながら電子ダイヤル32で視線補正モードを選択すると(#201)視線演算処理装置9に記憶されていた視線補正データが消去され(#202)新たに視線補正が開始される。

【0048】又、視線演算処理装置9からの信号により視線検出用の赤外発光ダイオード5が点灯し撮影者の眼球の照明を開始する。又カメラ制御装置109からの信号により図5に示したファインダー内表示手段の領域5

1が点滅を開始する(#203)。このとき視線補正用の指標は自動焦点検出時の合焦表示マークを兼ねている。このため該合焦表示マークと同じ位置に表示されるが、合焦表示マークは撮影レンズ101の焦点調節状態が合焦時のみ連続して表示するように設定されている。このため、撮影者はその表示状態より視線補正中か合焦状態表示中かを区別することが可能である。

【0049】撮影者がファインダー視野内に視線補正用の指標を表示中であることを認識し、その表示領域51を固視しながらリリーススイッチ33の前段を動作せると(#204)、その時の眼球像データが視線演算処理装置9に入力され(#205)該視線演算処理装置9において眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#207)。又眼球像データが視線演算処理装

$$Z1 \leftarrow m * [ARCSIN \{ (Zc1' - Zf1') / \beta / (A1 * L_{oc}) \} \pm (B1 * \delta)] \quad \dots\dots (11)$$

が算出される(#208)。ここでZ1はファインダー内の表示領域51のピント板上での水平方向(Z方向)の座標、Zc1'はこのときの瞳孔の中心座標(Z方向)、Zf1'は二つの角膜反射像の中心座標(Z方向)である。

【0052】視線補正係数A1及びB1の関係式が求まると、次にカメラ制御装置109からの信号により図5に示したファインダー内の領域52が点滅を開始する(#209)。撮影者がファインダー視野内に視線補正用の指標を表示中であることを認識し、その表示領域52を注視しながらリリーススイッチ33の前段を動作せると(#210)そのときの眼球像データは視線演算※

$$Z2 \leftarrow m * [ARCSIN \{ (Zc2' - Zf2') / \beta / (A1 * L_{oc}) \} \pm (B1 * \delta)] \quad \dots\dots (12)$$

が算出される(#214)。ここでZ2はファインダー内の表示領域52のピント板上での水平方向(Z方向)の座標、Zc2'はこのときの瞳孔の中心座標(Z方向)、Zf2'は二つの角膜反射像の中心座標(Z方向)である。

【0055】視線補正係数A1及びB1に対する二つの関係式(11)式、(12)式が求まると、視線補正演算手段を兼ねた視線演算処理装置9において、式(11)、(12)を解くことにより撮影者が視線補正係数(視線補正データ)A1、B1が算出される(#215)。算出された視線補正データは視線補正データ記憶手段を兼ねた視線演算処理装置9に記憶される(#216)。このとき視線補正を行った撮影者のデータも視線演算処理装置9に同時に記憶するようにすれば、使用するカメラに対して一度視線補正を行えば以後は視線補正を行わなくて済むことになる。

【0056】視線補正データが演算処理装置9に記憶されると、視線の補正が終了したことを撮影者に知らせ

*値9に入力された時点でファインダー内の領域51の点滅表示は終了する(#206)。

【0050】ところで現在のカメラにおいてはリリーススイッチ33の前段を動作させることにより通常撮影レンズの自動焦点調節及び測光等の機能が働くが、視線補正モードに設定されているときはこれらの機能が働かないようにしていても構わない。視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると再びファインダー内の領域51の点滅表示が開始される(#203)。

【0051】一方、眼球像データが有効であると判断されると(#207)視線演算処理装置9において係数A1及びB1の関係式

※処理装置9に入力され(#211)該視線演算処理装置9において眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#213)。又眼球像データが視線演算処理装置9に入力された時点でファインダー内の領域52の点滅表示は終了する(#212)。

【0053】視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると再びファインダー内の領域52の点滅表示が開始される(#209)。

【0054】一方、眼球像データが有効であると判断されると(#213)視線演算処理装置9において係数A1及びB1の関係式

$$\dots\dots (12)$$

るためにファインダー内の領域51及び領域52が所定の時間点滅した後(#217)視線入力モードに移行する(#218)。視線入力モードでは、先に算出された視線補正データを用いることにより撮影者の視線が精度良く検出され、撮影者の意図する情報、例えば撮影者がピントを合わせて撮影したい被写体の位置を該撮影者の視線に基づいてカメラに入力することが可能となる。

【0057】尚、本実施例においては電源投入後、視線補正モードを選択した例を示したが、既に視線補正データをカメラに登録している撮影者の場合は視線補正を行わず直ちに視線入力モードに移行するようにしても構わない。

【0058】又、本実施例においては距離 L_{oc} の個人差に対応した補正を距離 L_{oc} を定数倍することにより行っているが($L_{oc} + A1$)と定数A1を加減することにより行っても構わない。

【0059】同様に本実施例においては眼球の光軸と視線との補正角度 θ の個人差に対応した補正を補正角度 θ

11

を定数倍することにより行っているが $(\delta+B1)$ と定数 $B1$ を加減することにより行っても構わない。

【0060】図8(A)は本発明の実施例2のカメラの後部外観図、図8(B)は実施例2におけるファインダー内視野図、図9は実施例2の一部分の要部断面図、図10は実施例2のフローチャート図である。

【0061】尚、本実施例の視線検出装置は図2と同様である。図8(A)において34a、34b、34cはアイピースキャップ等に埋込まれたタッチセンサー等によるアイピーススイッチで撮影者がファインダーを覗くと動作するように設定されている。

【0062】又、前記アイピーススイッチは視線補正実行スイッチを兼ね、視線補正データ記憶手段を兼ねた視線演算処理装置9に撮影者の視線補正データが登録されていなければ視線の補正が実行されるように設定されている。

【0063】本実施例において図8(B)に示すようにファインダー視野内に視線補正用指標を兼ねた三つの合焦表示マーク(領域51、領域52、領域53)が設定されている。図9(A)、(B)は視線補正用指標を兼ねた三つの合焦表示マークをファインダー視野内に表示するファインダー内表示手段の表示原理を説明するための説明図である。同図において図1に示す要素と同一要素には同一の番号が付している。

【0064】同図においてコンデンサーレンズは省略している。120は表示用の発光ダイオード、121は表示用の発光ダイオード120を保持するパッケージ、122は投光レンズ、123は投光レンズ122のフレネルレンズ部、124はプリズムでこれら一つの表示ユニットを構成し、図中紙面に垂直な方向に図8(B)に示した領域51、領域52、領域53に対応して三つの表示ユニットが配設されている。又、一つのパッケージ121には発光波長の異なる2種類の発光ダイオードが組み込まれており、視線補正用の指標を表示する場合と撮影レンズの合焦状態を表示する場合とで表示色を変えるように設定されている。以下その表示原理を簡単に説明する。

【0065】カメラ制御装置(不図示)からの信号に基づいて表示領域に対応した発光ダイオード120が点灯されると、照明光は投光レンズ122で2回反射した後フレネルレンズ123、跳ね上げミラー102を介してビント板104に到達する。このときフレネルレンズ123は照明光が所定の表示領域を効果的に照明するように機能している。

【0066】図9(B)は図9(A)に示した点線の領域Aの拡大図である。跳ね上げミラー102で反射した照明光線125は図8(B)に示した表示領域に形成されたプリズム124にて屈折しペンタダハプリズム106、接眼レンズ1を介して撮影者のアイポイントに導かれる。

12

【0067】一方、ビント板104上のプリズム124が形成されていない拡散領域に入射した照明光源126は拡散しながらビント板104を出射する。しかしながら照明光線126のビント板104への入射角は大きいため拡散光の内ペンタダハプリズム106、接眼レンズ1を介して撮影者のアイポイントに導かれる成分はほとんど無い。この結果撮影者はビント板104上に形成されたプリズム124の領域からの光のみ視認可能となり、これらは視線補正用指標を兼ねた撮影レンズの合焦表示マークとして機能する。

【0068】図8(A)、図8(B)、図10、図11、図12の視線補正の流れ図をもとに本実施例における視線補正方法を説明する。

【0069】撮影者がカメラの電源(不図示)を投入し視線入力モードに設定した後(#220)ファインダーを覗くとアイピースキャップに埋め込まれたアイピーススイッチ34a、34b、34cの内の少なくとも一つのスイッチが入り(#221)視線演算処理装置9からの信号に基づいて視線検出用の赤外発光ダイオード5が点灯し撮影者の眼球の照明を開始する。このとき撮影者の視線補正データが視線演算処理装置9に登録されていなければ視線の補正が開始される(#222)。

【0070】視線の補正の開始と同時に視線演算処理装置9に組み込まれたタイマー(T1)が作動し(#223)、又カメラ制御装置(不図示)からの信号に基づいて表示領域51の視線補正用の指標が点灯する(#224)。このときカメラ制御装置は視線補正用に割り当てた例えば赤色の発光ダイオード120を点灯させるため撮影者はその色によって視線の補正が開始されていることを認識し表示領域51の指標の注視を開始する。

【0071】視線演算処理装置9に組み込まれたタイマーT1が所定の時間(T1=T1)に達すると、そのときの撮影者の眼球像データが視線演算処理装置9に自動的に入力される(#225)。眼球像データが視線演算処理装置9に入力された時点でファインダー内の表示領域51に対応する発光ダイオード120は消灯する(#226)。視線演算処理装置9においてはタイマーT1がリセット(T1=0)され(#227)、更に眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#228)。

【0072】視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると、再び視線演算処理装置9に組み込まれたタイマー(T1)が作動を開始し(#223)、又表示領域51の視線補正用の指標が点灯する(#224)。このとき撮影者は一度消灯した表示領域51が再度点灯するため前回の眼球像データの inputs が不完全であったことを認識することができる。

【0073】一方、眼球像データが有効であると判断されると(#228)、視線演算処理装置9において該眼

球像データより撮影者の注視点Z1が式

$$Z1 \approx m \left[\text{ARCSIN} \{ (Zc1' - Zf1') / \beta / L_{oc} \} \pm \delta \right] \quad \dots (13)$$

に基づいて算出される(#229)。ここでZc1'はこのときの瞳孔の中心座標(Z方向)、Zf1'は二つの角膜反射像の中心座標(Z方向)、L_{oc}は角膜21の曲率中心Oから瞳孔24の中心Cまでの標準的な距離、δは眼球の光軸と視軸との標準的な補正角度である。

【0074】表示領域51に対応する撮影者の注視点Z1が計算上求まると(#229)、視線演算処理装置9に組み込まれたタイマー(T1)が再度作動し(#230)、又カメラ制御装置(不図示)からの信号に基づいて表示領域52の視線補正用の指標が点灯する(#231)。撮影者は視線の補正が開始されていることを認識し表示領域52の指標の注視を開始する。

【0075】視線演算処理装置9に組み込まれたタイマーT1が所定の時間(T1=T1)に達すると、そのときの撮影者の眼球像データが視線演算処理装置9に自動的に入力される(#232)。眼球像データが視線演算*

$$Z2 \approx m * \left[\text{ARCSIN} \{ (Zc2' - Zf2') / \beta / L_{oc} \} \pm \delta \right] \quad \dots (14)$$

に基づいて算出される(#236)。ここでZc2'はこのときの瞳孔の中心座標(Z方向)、Zf2'は二つの角膜反射像の中心座標(Z方向)、L_{oc}は角膜21の曲率中心Oから瞳孔24の中心Cまでの標準的な距離、※

$$Zn' = A2 * Zn + B2$$

と表わすことができる。ここでZnは標準的な距離L_{oc}及び標準的な補正角度δを用いて算出された注視点の水平方向の座標、Zn'は個人差を補正した後の注視点の座標、A2、B2は視線補正係数である。

【0079】表示領域51及び表示領域52のピント板104上の座標は既知であるためその値と(13)式及び(14)式で算出された注視点の座標とから視線補正係数A2及びB2に関する二つの連立方程式が成立し、視線補正演算手段を兼ねた視線演算処理装置9において2式を解くことにより撮影者の視線補正係数A2、B2が算出される(#237)。更に該視線補正係数を基に視線補正式(15)式が決定される。

【0080】視線の補正式が決定すると、該視線の補正が正しく行なわれるかどうかの確認の動作が実行される。視線演算処理装置9に組み込まれたタイマーT1が再び作動し(#238)、又カメラ制御装置からの信号に基づいて表示領域53の視線補正確認用の指標が点灯する(#239)。

【0081】撮影者が表示領域53の注視を開始して視★

$$Z3 \approx A2 * m * \left[\text{ARCSIN} \{ (Zc3' - Zf3') / \beta / L_{oc} \} \pm \delta \right] + B2 \quad \dots (16)$$

と求められる(#244)。ここでZc3'は瞳孔の中心座標(Z方向)、Zf3'は二つの角膜反射像の中心

*処理装置9に入力された時点でファインダー内の表示領域52に対応する発光ダイオードは消灯する(#233)。視線演算処理装置9においてタイマーT1がリセット(T1=0)され(#234)、更に眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#235)。

10 【0076】視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると、再び視線演算処理装置9に組み込まれたタイマー(T1)が作動を開始し(#230)表示領域52に対応した眼球像データを取り込む一連の動作が実行される。

【0077】一方、眼球像データが有効であると判断されると(#235)、視線演算処理装置9において該眼球像データより撮影者の注視点Z2が式

※δは眼球の光軸と視軸との標準的な補正角度である。

【0078】いま、撮影者が眼球の回転角が小さいとすると視線の個人差を補正する式は

$$\dots (15)$$

★視線演算処理装置9に組み込まれたタイマーT1が所定の時間(T1=T1)に達すると、そのときの撮影者の眼球像データが視線演算処理装置9に自動的に入力される30 (#240)。眼球像データが視線演算処理装置9に入力された時点でファインダー内の表示領域53に対応する発光ダイオードは消灯する(#241)。視線演算処理装置9においてタイマーT1がリセット(T1=0)され(#242)、更に眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#243)。

【0082】視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると、再び視線演算処理装置9に組み込まれたタイマーT1が作動を開始し(#238)表示領域53に対応した眼球像データを取り込む一連の動作が再度実行される。

【0083】一方、眼球像データが有効であると判断されると(#243)視線演算処理装置9において該眼球像データより撮影者の注視点Z3が

座標(Z方向)である。

50 【0084】表示領域53のピント板104上での座標

Z3'は既知であるためその値と(16)式で補正算出された注視点の座標Z3との比較が行なわれる(#245)。表示領域53の座標Z3'と注視点の座標Z3とが一致していなければ、既に視線補正データが登録されていればそれは消去されるとともに(#246)視線の補正が正しく行なわれなかったことを示す警告表示(例えば表示領域53が一定の時間点滅)が行なわれ(#247)、再び視線の補正が開始される。

[0085] 一方、表示領域53の座標Z3'と注視点の座標Z3とを比較してそれらの値がほぼ一致していれば(#245)、前記視線補正係数を基に求められた視線補正式((15)式)が視線補正データとして視線補正データ記憶手段を兼ねた視線演算処理装置9に登録される(#248)。このとき、視線補正を行った撮影者のデータも視線演算処理装置9に同時に登録するようにすれば、使用するカメラに対して一度視線補正を行なえば以後は視線補正を行なわなくて済むことになる。

[0086] 視線補正データが演算処理装置9に登録されると、視線の補正が終了したことを撮影者に知らしめるためにファインダー内の表示領域51、表示領域52*20

$$Zn' = A2 * \text{LOG}(Zn) + B2$$
と対数関数で定義しても構わない。

[0090] 図16は本発明の実施例3のカメラの後部外観図、図17は実施例3におけるファインダー内視野図、図13、図14、図15は実施例3のフローチャート図である。

[0091] 尚、本実施例の視線検出装置は図2と同様である。図11中35は視線補正スイッチで視線補正実行スイッチを兼ねている。

[0092] 本実施例において、図17に示すようにファインダー視野外にバックライトの付いた液晶素子あるいは発光ダイオードとで構成されたファインダー内表示手段であるところの視線補正用の三つの指標(指標51、指標52、指標53)が配設されており、カメラ制御装置(不図示)により表示、非表示の制御が行なわれている。

[0093] 以下、図13～図15の視線補正の流れ図をもとに本実施例における視線補正方法を説明する。

[0094] 撮影者がカメラの電源(不図示)を投入し視線入力モードに設定すると(#260)視線演算処理装置9(不図示)からの信号に基づいて視線検出用の赤外発光ダイオードが点灯し撮影者の眼球の照明を開始する。更に撮影者が視線補正スイッチ35を所定の時間(0.1秒間)押した状態にすると視線補正モードに移行する(#261)。このとき視線演算処理装置9に視線補正データが登録されていればその視線補正データは消去される(#262)。

[0095] 先ずカメラ制御装置からの信号に基づいてファインダー視野外の水平方向真ん中にある視線補正用の指標51が点灯する(#263)。撮影者は指標51

*及び表示領域53が所定の時間点滅した後(#249)視線補正モードを解除して(#250)視線入力モードに移行する(#251)。視線入力モードでは先に算出された視線補正データを用いることにより撮影者の視線が精度よく検出され、撮影者の意図する情報、例えば撮影者がピントを合わせて撮影したい被写体の位置を該撮影者の視線に基づいてカメラに入力することが可能となる。

[0087] 又、撮影者がカメラの電源を投入し視線入力モードに設定した際(#220)、視線補正データが既にカメラに登録されている場合は(#222)、登録されている視線補正データが該撮影者に対して有効であるかどうかを確認する動作が実行される(#238-#245)。

[0088] 又、撮影者がカメラの電源を投入し視線入力モードに設定した際、視線補正データが既にカメラに登録されている場合は視線補正を行なわず直ちに視線入力モードに移行するようにしても構わない。

[0089] 又、本実施例においては視線の補正式を(15)式のように一次関数で定義したが、

$$\dots\dots (17)$$

を注視しながら視線補正スイッチ35を押すと(#264)。そのときの撮影者の眼球像データが視線演算処理装置9に入力される(#265)。眼球像データが視線演算処理装置9に入力された時点でファインダー視野外の指標51は消灯する(#266)。

[0096] 続いて視線演算処理装置9においては眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#267)。視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると、再び指標51が点灯し(#263)眼球像データの取り直しを開始する。このとき撮影者は一度消灯した指標51が再度点灯するため前回の眼球像データの inputs が不完全であったことを認識することができる。

[0097] 一方、眼球像データが有効であると判断されると(#267)視線演算処理装置9において、該眼球像データより撮影者の注視点Z1が前記(13)式に基づいて算出される(#268)。

[0098] 指標51に対応する撮影者の注視点Z1が計算上求まると(#268)カメラ制御装置からの信号に基づいてファインダー視野外の水平方向左側に配置された指標52が点灯する(#269)。撮影者は視線の補正が開始されていることを認識し指標52の注視を開始する。撮影者が指標2を注視しながら視線補正スイッチ35を押すと(#270)と、そのときの撮影者の眼球像データが視線演算処理装置9に入力される(#271)。眼球像データが視線演算処理装置9に入力された時点でファインダー視野外の指標52は消灯する(#272)。続いて視線演算処理装置9においては眼球像データが有効であるかどうかの判断が行なわれる(#27

3)。

【0099】視線演算処理装置9において前記眼球像データより角膜反射像あるいは虹彩像が検出できないと判断されると、再び指標52が点灯し(269)眼球像データの取り直しを開始する。

【0100】一方、眼球像データが有効であると判断されると(273)視線演算処理装置9において、該眼球像データより撮影者の注視点Z2が前記(13)式に基づいて算出される(274)。

【0101】指標52に対応する撮影者の注視点Z2が計算上求まると(274)カメラ制御装置からの信号に基づいてファインダー視野外の水平方向右側に配置された指標53が点灯する(275)。以下同様の操作により、指標53に対応する撮影者の注視点Z3が算出される(275-280)。いま、撮影者が眼球の回転角が小さいとすると視線の個人差を補正する式は $Zn' = A3 * Zn + B3$ と表わすことができる。ここでZnは標準的な距離Lo、及び標準的な補正角度δを用いて算出された注視点の水平方向の座標Znは個人差を補正した後の注視点の座標A3、B3は視線補正係数である。

【0102】指標51、指標52及び指標53のピント板104上の座標は既知であるためその値と、既に算出された各指標に対応する注視点の座標とから、視線補正係数A3及びB3が視線補正演算手段を兼ねた視線演算処理装置9において算出される(281)。更に該視線補正係数を基に視線補正式が決定される。

【0103】視線の補正式が決定すると、該視線補正式は視線補正データとして視線補正データ記憶手段を兼ねた視線演算処理装置9に登録される(282)。このとき視線補正を行った撮影者のデータも視線演算処理装置9に同時に登録するようにすれば、使用するカメラに対して一度視線補正を行えば以後は視線補正を行わなくて済むことになる。

【0104】視線補正データが視線演算処理装置9に登録されると、視線の補正が終了したことを撮影者に知らしめるためにファインダー内の指標51、指標52及び指標53が所定の時間点滅した後(283)視線補正モードを解除して(284)視線入力モードに移行する(285)。視線入力モードでは、先に算出された視線補正データを用いることにより撮影者の視線が精度よく検出され、撮影者の意図する情報、例えば撮影者がピントを合わせて撮影したい被写体の位置を該撮影者の視線に基づいてカメラに入力することが可能となる。

【0105】更に本実施例の視線補正スイッチ35は、視線の補正終了後の視線入力モードに移行した時点で、スイッチを押した瞬間に視線情報がカメラに入力される視線入力スイッチとして機能するように設定しておけば効果的である。

【0106】又、本実施例においては視線の補正式を一

次関数で定義したが、

$$Zn' = A3 * LOG(Zn) + B3$$

と対数関数で定義しても構わない。このときどちらの補正式を採用するかは、二つの補正式より求まる相関係数を比較することにより決定すればよい。

【0107】又、視線の補正式を

$$Zn' = A3 * Zn ** 2 + B3 * Zn + C3$$

と二次関数で定義しこれを求めても構わない。

【0108】

【発明の効果】本発明によればファインダー系の光軸と観察者の眼球の光軸とのなす角である回転角を検出し該回転角から観察者の視線を算出する際、前述の如く視線補正実行スイッチ、ファインダー内表示手段、視線補正演算手段、視線補正データ記憶手段及び補正確認手段等を有した視線補正手段を利用することにより眼球の大きさ等の個人差による視線の検出誤差を自動的に補正し精度の高い視線検出を行うことができる視線検出装置を有した光学装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (A)は本発明を一眼レフカメラに適用したときの実施例1の概略図、(B)は本発明に係る視線検出装置の要部概略図。

【図2】 図1(A)の焦点検出装置の要部斜視図。

【図3】 (A)は視線検出の原理説明図、(B)は図3(A)のイメージセンサーの出力強度図。

【図4】 本発明に係る一眼レフカメラの外観図。

【図5】 ファインダー視野図。

【図6】 本発明に係る視線補正の流れ図。

【図7】 本発明に係る視線補正の流れ図。

【図8】 (A)は本発明を一眼レフカメラに適用したときの実施例2の後部外観図、(B)は図8(A)におけるファインダー内視野図。

【図9】 (A)は実施例2のファインダー視野内表示原理説明図、(B)は図9(A)のピント板の拡大図。

【図10】 実施例2の視線補正の流れ図。

【図11】 実施例2の視線補正の流れ図。

【図12】 実施例2の視線補正の流れ図。

【図13】 実施例3の視線補正の流れ図。

【図14】 実施例3の視線補正の流れ図。

【図15】 実施例3の視線補正の流れ図。

【図16】 本発明を一眼レフカメラに適用したときの実施例3の後部外観図。

【図17】 図16のファインダー内視野図。

【図18】 (A)は従来の視線検出光学系の概略図、

(B)は図18(A)の光電素子列の出力強度図。

【図19】 従来の視線検出装置を有した一眼レフカメラの要部概略図。

【符号の説明】

- | | |
|---------|----------|
| 1 接眼レンズ | 2 ハーフミラー |
| 3 投光レンズ | 4 受光レンズ |

19

20

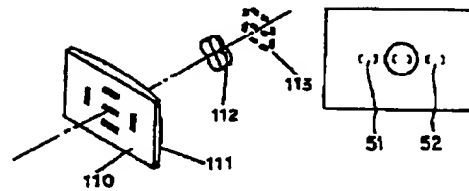
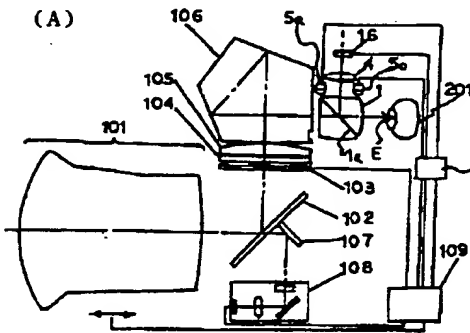
- 5 赤外発光ダイオード 6 イメージセンサー
 9 視線演算処理装置 21 角膜
 22 強膜 23 虹彩
 24 瞳孔 31 モード選択ボタン
 32 電子ダイヤル 33 レリーズスイッチ
 34 アイピーススイッチ 35 視線補正スイッチ
 101 撮影レンズ 102 跳ね上げミラー
 103 表示素子 104 ピント板
 105 コンデンサーレンズ 106 ペンタダハブリ

- ズーム
 107 サブミラー 108 多点焦点検出装
 置
 109 カメラ制御装置 120 発光ダイオード
 121 パッケージ 122 投光レンズ
 123 フレネルレンズ 124 プリズム
 110 視野マスク 111 フィールドレン
 ズ
 112 再結像レンズ 113 光電素子列

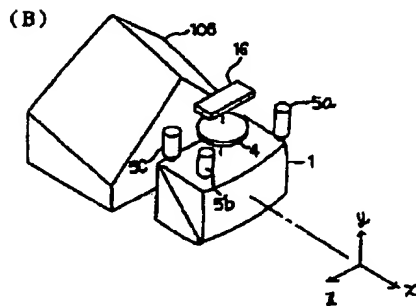
【図1】

【図2】

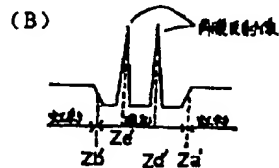
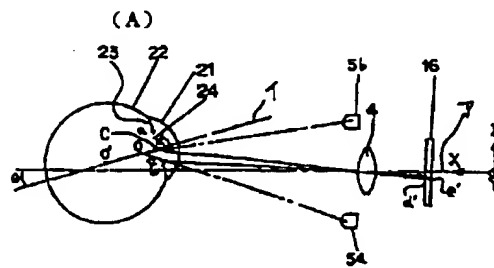
【図5】



【図3】

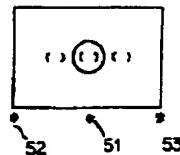
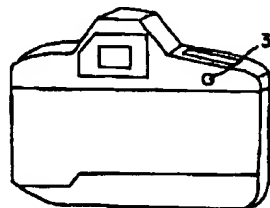
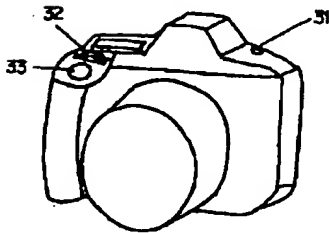


【図4】

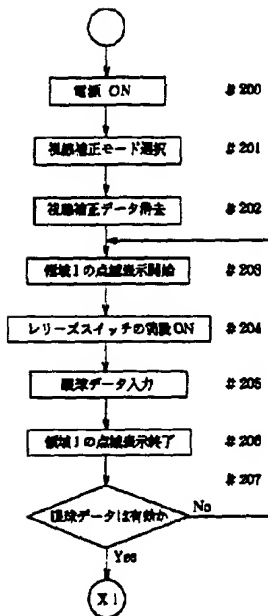


【図16】

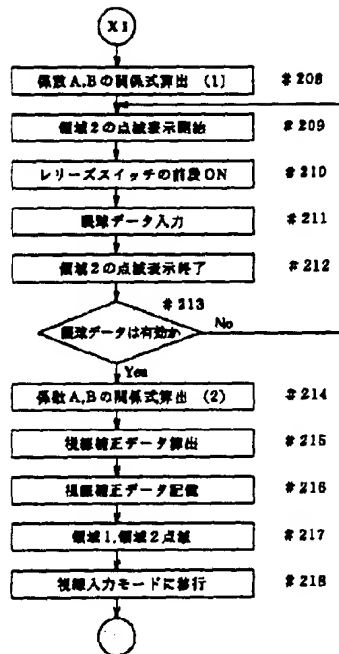
【図17】



【図6】

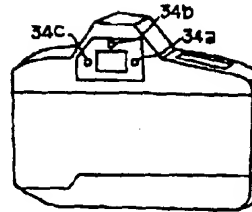


【図7】

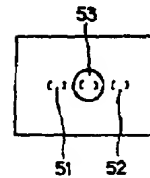


【図8】

(A)

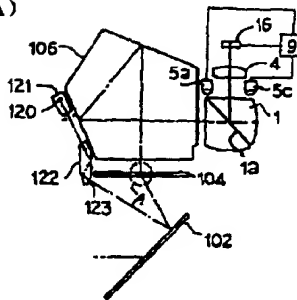


(B)

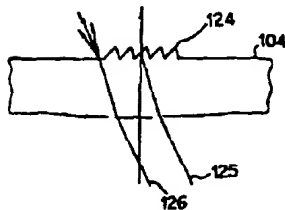


【図9】

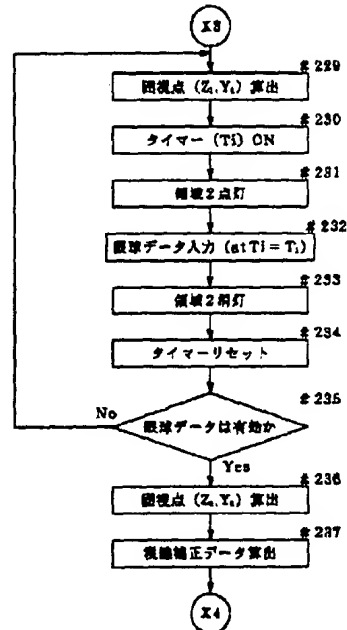
(A)



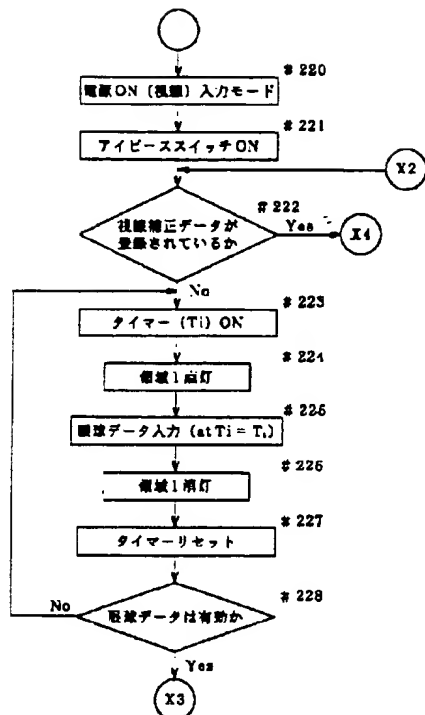
(B)



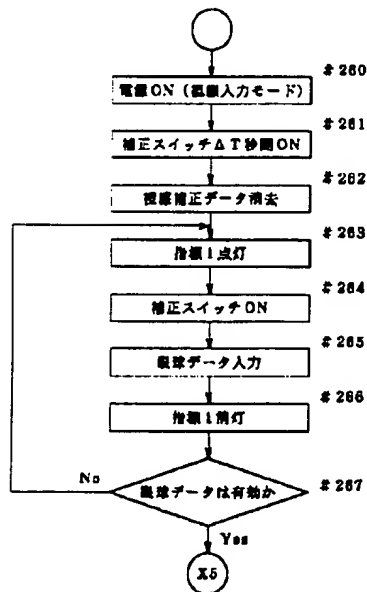
【図11】



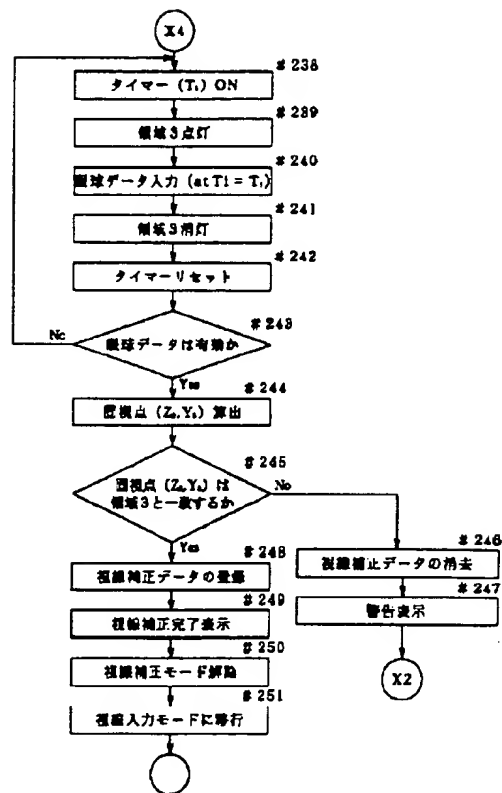
【図10】



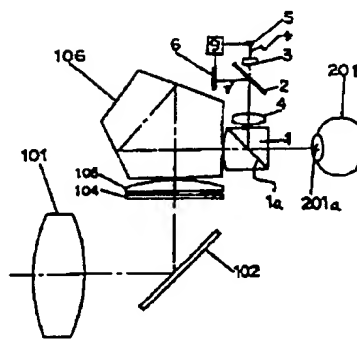
【図13】



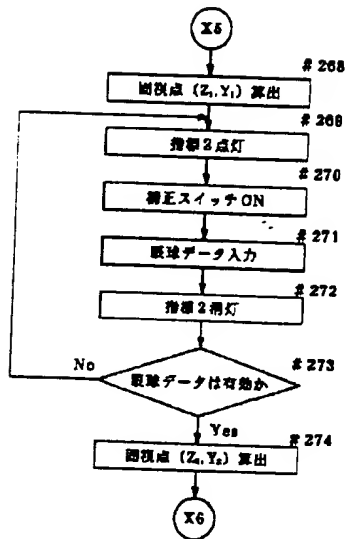
【図12】



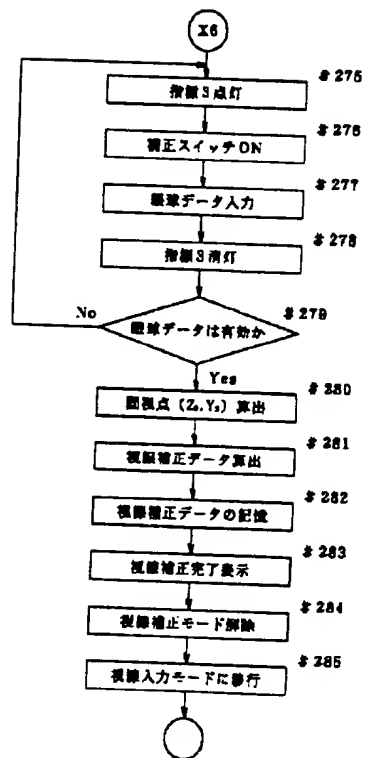
【図19】



【図14】

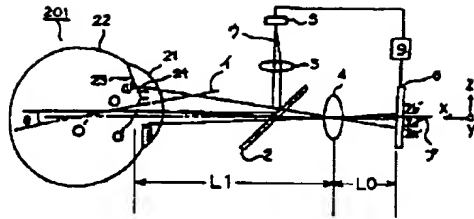


【図15】



〔図18〕

(A)



(B)

